УДК: 621.565

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА В РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВЫМОРАЖИВАЮЩИХ УСТАНОВКАХ

И.А. Короткий[1,*], Е.В. Короткая[1], М.Г. Курбанова[2]

[1]ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

[2]ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

**e-mail: krot69@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 01.11.2016
Дата принятия в печать: 01.12.2016

Приведены результаты исследований энергетической эффективности применения различных холодильных агентов в одноступенчатых системах хладоснабжения разделительных вымораживающих установок. Разделительное вымораживание применяется для низкотемпературного концентрирования жидких пищевых продуктов, очистки воды, разделения и концентрирования водных растворов. Величина энергетических затрат при разделительном вымораживании определяется температурами объекта концентрирования и окружающей среды, а также термодинамическими свойствами хладагента. Аналитически, с помощью известных термодинамических соотношений, определены затраты энергии, необходимые для кристаллизации 1 кг воды из раствора при использовании для отвода теплоты кристаллизации одноступенчатых холодильных машин, применяющих R-717, R-134a, R-22, R-404a, R-410a в качестве холодильных агентов. Данные получены в диапазоне температур кипения холодильного агента от –5 до –30 °С и температур окружающей среды от 15 до 35 °С. На основании термодинамического анализа установлено, что наилучшей энергетической и эксплуатационной эффективностью для установок разделительного вымораживания обладает система хладоснабжения, использующая R-22 в качестве хладагента. Аммиачная система хладоснабжения имеет лучшую энергетическую эффективность по сравнению с системами хладоснабжения на других холодильных агентах в более узком рабочем диапазоне, по температурам кипения хладагента – это выше –20 °С. К тому же применение аммиачных холодильных систем для разделительного вымораживания ограничено конструктивными особенностями. Применение холодильного агента R-134a в системе хладоснабжения приведет к значительному увеличению энергетических затрат на реализацию разделительного вымораживания по сравнению с другими холодильными агентами. R-410a может быть достойной заменой R-22 после вывода последнего из использования в холодильной промышленности для использования в установках разделительного вымораживания.

Концентрирование, разделительное вымораживание, криоконцентрирование, холодильный агент, энергетическая эффективность

Введение

Выбор рабочего вещества холодильной машины – хладагента – зависит от режимов работы холодильной машины, экологических факторов, требований безопасности и т.д. В свою очередь от применяемого холодильного агента зависит энергетическая эффективность холодильной машины, а также ее конструктивные особенности, что обусловлено различиями физико-химических свойств холодильных агентов.

Целью работы является определение диапазона эффективного применения различных холодильных агентов в холодильных машинах, используемых в разделительных вымораживающих установках, предназначенных для концентрирования жидких пищевых продуктов, а также для очистки воды вымораживанием.

В пищевой промышленности в настоящее время концентрирование вымораживанием нашло широкое применение. Его используют для очистки и опреснения воды, концентрирования фруктовых соков, кофейных экстрактов, алкогольных напитков, получения натуральных пищевых красителей, а также для сгущения молока и молочных продуктов, вторичного сырья мясной промышленности и т.д. [1]. Разделительное вымораживание также достаточно успешно используется в фармакологии, в частности, для сгущения некоторых лекарственных препаратов: сыворотки крови, ферментных препаратов, фармацевтических композиций и др. [2].

Концентрирование вымораживанием энергетически является значительно более эффективным процессом по сравнению с другими способами концентрирования. Например, по сравнению с выпариванием, можно отметить, что теплота льдообразования воды приблизительно в 7 раз меньше теплоты ее парообразования. При этом современные технологии разделительного вымораживания позволяют снизить потери сухих веществ до 1 % и менее. Если учесть холодильный коэффициент, величина которого составляет 2÷2,5, так как низкотемпературная система разделительной выморажи-

вающей установки обеспечивает только трансформацию теплоты от объекта концентрирования вымораживанием в окружающую среду, то энергетические затраты на реализацию концентрирования вымораживанием будут снижены еще в 2÷2,5 раза. Кроме того, необходимо отметить, что низкотемпературное концентрирование позволяет избежать жесткого термического воздействия на объект концентрирования, которое происходит при выпаривании, а также при низких температурах замедляются процессы коррозии технологического оборудования [3].

Объекты и методы исследований

Холодильный агент, циркулируя в замкнутом контуре холодильной машины, обеспечивает отвод теплоты от объекта охлаждения, перенос и передачу ее окружающей среде. Для обеспечения циркуляции холодильного агента в контуре холодильной машины требуется энергия для того, чтобы осуществить перенос теплоты с низкого температурного уровня на более высокий. Затраты энергии, необходимые для отвода теплоты от объекта охлаждения, определяются температурами объекта охлаждения и окружающей среды, а также термодинамическими свойствами холодильного агента. В качестве холодильных агентов используются различные природные или синтетические вещества: аммиак, углеводороды, фреоны.

Выбор холодильного агента осуществляется на основании анализа совокупности всех качеств и факторов, характеризующих работу холодильной машины. Номенклатура рабочих веществ, используемых в холодильной технике, очень широка. Разные холодильные агенты, используемые в холодильных машинах в качестве рабочих веществ, определяют различные рабочие режимы холодильных машин, показатели их энергетической эффективности и холодопроизводительности, а также конструктивные особенности холодильной машины в целом и отдельных ее элементов. Это обусловлено различиями термодинамических свойств холодильных агентов [4].

Исследовалась эффективность производства искусственного холода в одноступенчатых холодильных машинах, работающих на фреоне R-134a, R-22, R-404a, R-410a, аммиаке. Эти холодильные агенты нашли наиболее широкое применение в среднетемпературных установках бытового, коммерческого и промышленного назначения [5].

Аммиак (R-717) применяют в компрессионных холодильных машинах при температурах конденсации $t_к \leq 55$ °C, в одноступенчатых машинах до температуры кипения $t_0 = -30$ °C. Высокие значения показателя адиабаты, отношения давлений $p_к/p_0$, повышенные требования к безопасности ограничивают его применение. Однако хорошие термодинамические характеристики этого холодильного агента обусловливают высокие показатели энергетической эффективности аммиачных холодильных машин, что способствует широкому применению холодильных машин такого типа для получения большой холодопроизводительности.

Фреон R-134a является озонобезопасным аналогом широко применявшегося во второй половине XX века фреона R-12. Он используется в одноступенчатых холодильных машинах всех типов при температурах конденсации $t_к < 75$ °C.

Фреон R-22 – рабочее вещество холодильных машин, работающих в температурном диапазоне по температурам кипения от 10 до минус 70 °C в одно- и двухступенчатых холодильных машинах при температурах конденсации $t_к \leq 50$ °C. Однако в настоящее время, несмотря на очень хорошие термодинамические характеристики этого хладагента, его производство и применение ограничено международными договорами и законами Российской Федерации.

Фреон R-404a является неазеотропной смесью холодильных агентов, которая по термодинамическим свойствам незначительно отличается от фреона R-22, однако имеет существенно более низкий показатель политропы сжатия в компрессоре. В связи с этим температура нагнетания в компрессоре холодильной машины, работающей на этом холодильном агенте, будет существенно ниже, чем при работе на фреоне R-22. Поэтому холодильные машины, работающие при большой степени повышения давления $p_к/p_0$ на фреоне R-404a, могут быть изготовлены в одноступенчатом исполнении.

Фреон R-410a представляет собой смесь хладагентов R-32 и R-125 при равных массовых долях компонентов (50 и 50 %). На данный момент это наиболее часто применяемый хладон в новых системах мобильного и стационарного бытового охлаждения. R-410a является смесью, близкой к азеотропной. Фреон R-410a является холодильным агентом следующего за R-22 поколения. Однако переход на этот хладагент сопряжен с заменой оборудования, так как R-410a имеет значительно большие рабочие давления по сравнению с R-22.

Исследования производились на основе термодинамического анализа одноступенчатых циклов холодильных машин, используемых для разделительного вымораживания [6].

В термодинамической теории холодильных машин большое значение имеет окружающая среда. Окружающая среда характеризуется прежде всего тем, что ее параметры не зависят от работы рассматриваемой холодильной машины. В качестве такой среды использовался атмосферный воздух с температурой от 15 до 35 °C.

Важным условием для реализации технического решения производства искусственного холода является организация теплообмена между рабочим веществом и окружающей средой, а также между рабочим веществом и объектом низкотемпературной обработки. Для термического анализа эффективности холодильных циклов разность температур между рабочим веществом и окружающей средой в конденсаторе приняли равной 10 °C, разность температур между рабочим веществом и объектом низкотемпературной обработки – концентрируемым раствором – приняли 5 °C.

Рабочий цикл холодильной машины одноступенчатого сжатия изображен на рис. 1 в координатах *p-h* (давление – энтальпия). В этом цикле процесс сжатия в компрессоре *1-2*; охлаждение хладагента и конденсация в конденсаторе – процесс *2-3'*; *3'-3* – переохлаждение холодильного агента перед дроссельным вентилем, а также *a-1* – перегрев рабочего вещества перед всасыванием в компрессор – процессы регенерации теплоты в теплообменнике рекуперативного типа в фреоновых холодильных машинах. В аммиачных холодильных машинах регенерация теплоты нецелесообразна. Процесс *3-4* – дросселирование в дроссельном устройстве. Процесс *4-a* – кипение хладагента в испарителе.

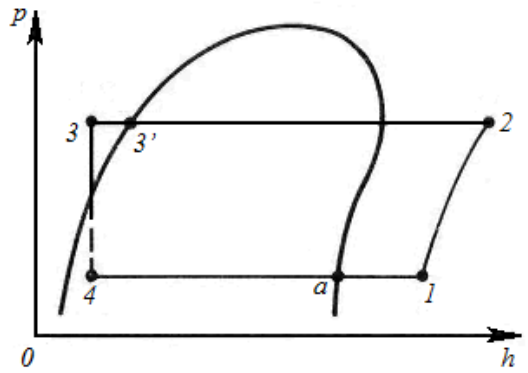


Рис. 1. Теоретический цикл одноступенчатой холодильной машины

Перегрев рабочего тела перед компрессором определяют по формуле $\Delta T_{пер} = T_1 - T_a$. Для аммиачных холодильных машин перегрев рабочего вещества на всасывании в компрессор принимали $\Delta T_{пер} = 5$ °С. Для фреоновых $\Delta T_{пер} = 15$ °С.

Переохлаждение перед дросселированием рассчитывают следующим образом: для холодильных машин, работающих по регенеративному циклу (фреоновые холодильные машины), – из уравнения энергетического баланса регенеративного теплообменника:

$$i_{ж}^{вх} - i_{ж}^{вх} = i_{п}^{вх} - i_{п}^{вх}, \quad (1)$$

для холодильных машин, работающих по нерегенеративному циклу (аммиачные холодильные машины) предполагали, что состояние холодильного агента перед дросселированием соответствует состоянию насыщения.

Удельная холодопроизводительность холодильной машины (q_0):

$$q_0 = i_a - i_4. \quad (2)$$

Удельная адиабатная работа компрессора ($l_{ад}$):

$$l_{ад} = i_2 - i_1. \quad (3)$$

Мощность холодильной машины N_e (*кВт*), которую необходимо затратить для отвода теплоты Q_0 [*кВт*] от объекта охлаждения, определяется следующим образом:

$$N_e = N_i + N_{TP}, \quad (4)$$

где N_i – индикаторная мощность сжатия рабочего вещества в компрессоре, N_{TP} – мощность, затрачиваемая на преодоление трения и привод вспомогательных устройств.

$$N_i = G_д\, l_{ад} / \eta_i, \quad (5)$$

где $G_д$ – массовый расход холодильного агента, циркулирующего в холодильной машине (кг/с); η_i – индикаторный кпд компрессора.

Мощность трения определяется из эмпирической формулы:

$$N_{TP} = p_{i\,тр} V_T, \quad (6)$$

где $p_{i\,тр} = (40 \div 90) \cdot 10^3$ Па – давление трения, значение выбирается от используемого прототипа компрессора; V_T – теоретическая объемная производительность компрессора ($м^3/с$), зависящая от его геометрических параметров.

Массовый расход холодильного агента определяется из формулы:

$$G_д = Q_0 / q_0. \quad (7)$$

Теоретическая объемная производительность определяется по формуле:

$$V_T = G_д\, v_1 / \lambda, \quad (8)$$

где v_1 – удельный объем рабочего вещества, всасываемого в компрессор; λ – коэффициент подачи компрессора, $\lambda = f(p_{нг}/p_{вс})$. Здесь $p_{нг}$ – давление, до которого осуществляется процесс сжатия рабочего вещества непосредственно в рабочих органах компрессора; $p_{вс}$ – давление рабочего вещества, поступающего непосредственно в рабочую полость компрессора.

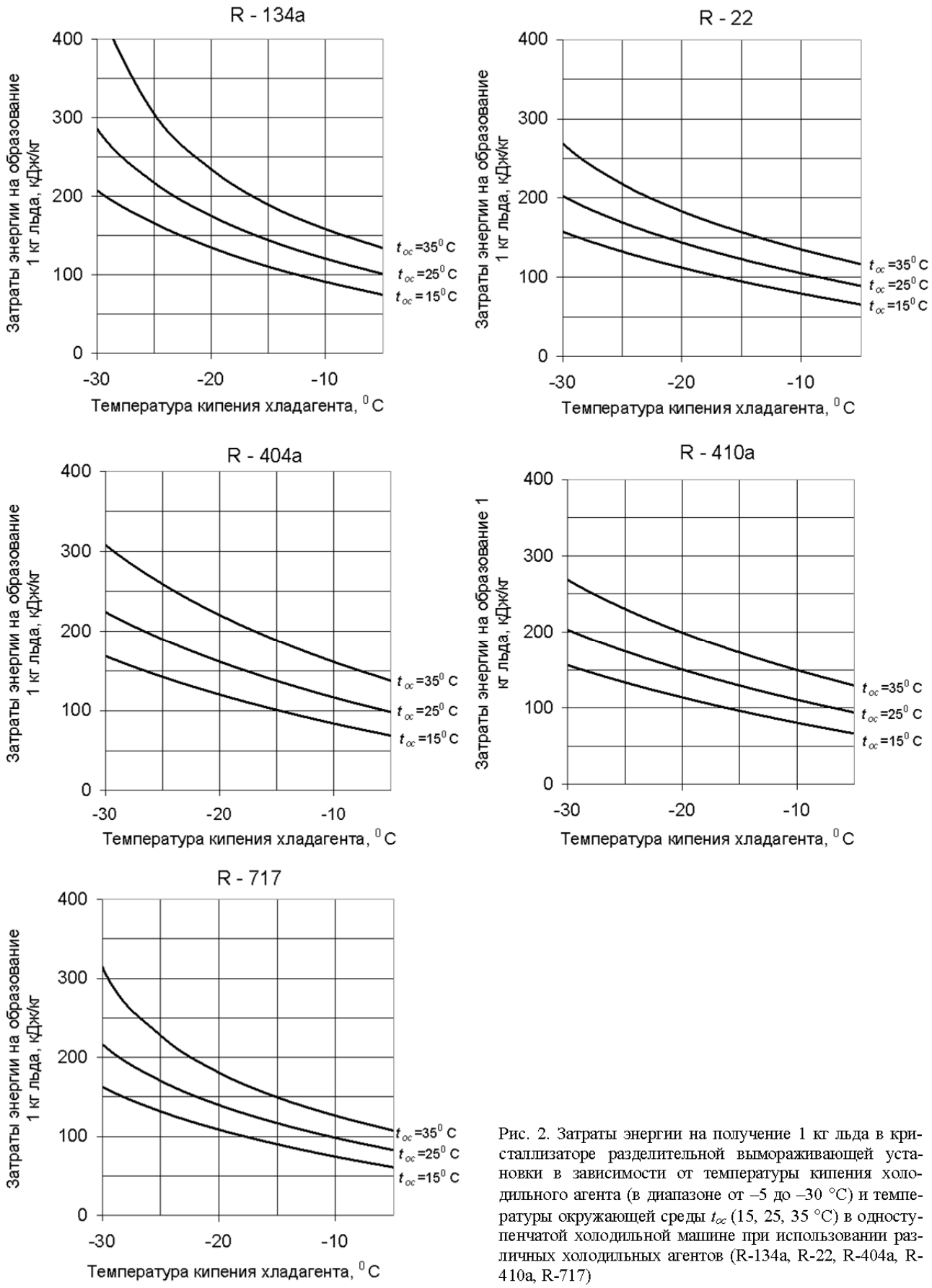
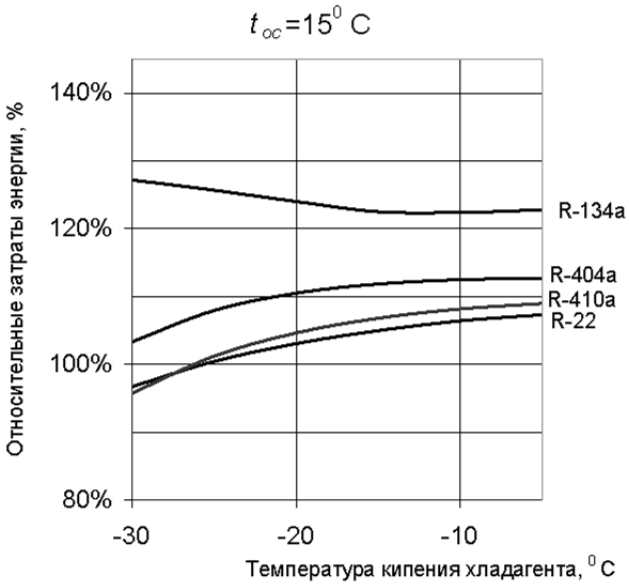


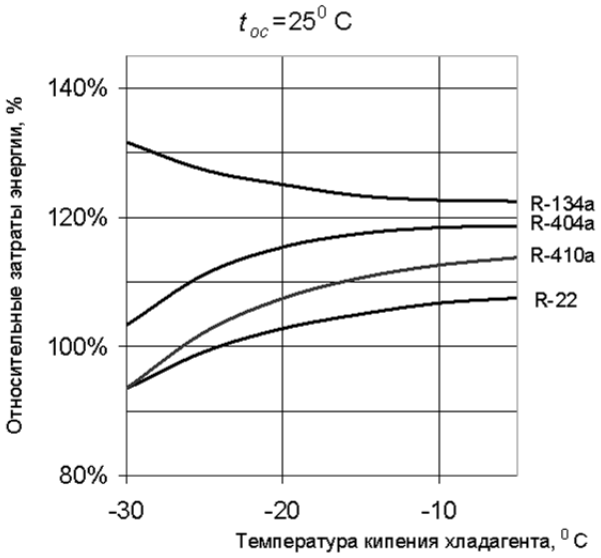
Рис. 2. Затраты энергии на получение 1 кг льда в кристаллизаторе разделительной вымораживающей установки в зависимости от температуры кипения холодильного агента (в диапазоне от –5 до –30 °С) и температуры окружающей среды t_{oc} (15, 25, 35 °С) в одноступенчатой холодильной машине при использовании различных холодильных агентов (R-134a, R-22, R-404a, R-410a, R-717)

Результаты и их обсуждение

С помощью формул 1÷8 были определены энергетические затраты, необходимые для получения 1 кг льда в кристаллизаторе разделительной вымораживающей установки при использовании одноступенчатой системы хладоснабжения, работающей на холодильных агентах R-134a, R-22, R-404a, R-410a, аммиаке (R-717) при различных температурах кипения холодильного агента и различных температурах окружающей среды (рис. 2).

На рис. 3 приведены результаты сравнительной оценки производства искусственного холода одноступенчатыми холодильными машинами, работающими на различных холодильных агентах, относительно энергетических затрат одноступенчатой аммиачной холодильной машины.





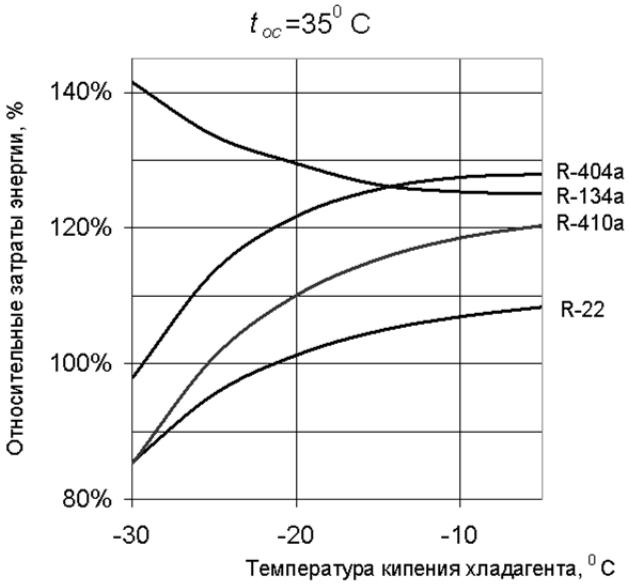


Рис. 3. Результаты сравнительного анализа производства искусственного холода одноступенчатыми холодильными машинами, работающими на различных холодильных агентах (R-134a, R-22, R-404a, R-410a), относительно энергетических затрат одноступенчатой аммиачной холодильной машины в диапазоне температур кипения холодильных агентов от –5 до –30 °С и при температурах окружающей среды t_{oc} = 15 °С, t_{oc} = 25 °С, t_{oc} = 35 °С

Из представленных данных следует, что наилучшей энергетической эффективностью в диапазоне температур кипения холодильного агента от –5 до –20 °С обладают аммиачные холодильные машины. При температурах кипения холодильного агента ниже –20 °С энергетическая эффективность аммиачной холодильной машины начинает уступать холодильным машинам, работающим на фреонах R-22 и R-410a. К тому же при температурах от –20 °С и ниже в одноступенчатой аммиачной холодильной машине температура нагнетания близка к максимально допустимой температуре нагнетания холодильного агента в аммиачной холодильной установке (160 °С [7]), а при некоторых режимах даже превышает ее. Это ограничивает применимость аммиачных холодильных машин в разделительных вымораживающих установках с температурным уровнем кипения холодильного агента –20 °С. Кроме того, аммиачная холодильная установка не может работать полностью в автономном режиме, для ее безопасной эксплуатации требуется обслуживающий персонал, поэтому аммиачные холодопроизводящие системы – это, как правило, установки средней и крупной холодопро-

изводительности, что также накладывает ограничения на возможность использования аммиачных холодильных машин в установках разделительного вымораживания.

Применение в качестве холодильного агента R-134a приведет к значительно большим энергетическим затратам по сравнению с аммиачными холодильными машинами. Увеличение энергетических затрат по сравнению с аммиачным холодильными машинами будет больше на 22÷42 %, а по сравнению с холодильными машинами на фреоне R-22 – на 14÷65 %. Таким образом, использование фреона R-134a в системах хладоснабжения разделительных вымораживающих установок нецелесообразно.

R-404a имеет лучшую энергетическую эффективность по сравнению с R-134a, однако относительно R-22 его термодинамическая эффективность ниже на 5÷22 %, к тому же R-404a представляет собой неазеотропную смесь холодильных агентов, что несколько усложняет работу с этим рабочим веществом.

Наиболее близкими по термодинамической эффективности являются холодильные агенты R-22 и R-410a. Отличия в энергетических показателях этих холодильных агентов не превышают 11 % в пользу более эффективного R-22. Однако отличия в рабочих давлениях этих холодильных агентов довольно значительны. Так, давления конденсации R-22 составляют 10,5÷17,3 атмосфер при температурах конденсации 25÷45 °C, в то время как для R-410a давление конденсации составит 16,5÷27 атмосфер в том же диапазоне температур конденсации.

Таким образом, наиболее эффективным холодильным агентом для систем хладоснабжения разделительных вымораживающих установок является R-22. Следует отметить, что при появлении достаточного количества оборудования, рассчитанного для работы на R-410a, этот холодильный агент сможет составить достойную замену фреону R-22.

Список литературы

1. Антипов, С.Т. Инновационное развитие процессов холодильного концентрирования жидких сред / С.Т. Антипов, В.Ю. Овсянников, А.А. Корчинский // Инновационное развитие техники пищевых технологий. Материалы Международной научно-технической конференции. 2015. – С. 206–210.

2. Surkov, I.V. Evaluation and preventing measures of technological risks of food production / I.V. Surkov, A.Y. Prosekov, E.O. Ermolaeva, G.A. Gorelikova, V.M. Poznyakovskiy // Modern Applied Science. 2015. – Т. 9. – № 4. – С. 45–52.

3. Короткий, И.А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов / И.А. Короткий, Д.Е. Федоров, Н.А. Тризно // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 4. – № 27. – С. 106–110.

4. Korotkiy, I.A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of blackcurrant berries / Korotkiy I.A. // Foods and Raw Materials. – 2014. – № 2. – С. 3–14.

5. Богданов, С.Н. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: справочник / С.Н. Богданов, С.И. Бурцев, О.П. Иванов, А.В. Куприянова; под ред С.Н. Богданова. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 320 с.

6. Korotkiy, I.A. Energy efficiency analysis of the sea buckthorn (hippophae rhamnoides) fruits quick freezing / I.A. Korotkiy, E.V. Korotkaya, V.V. Kireev // Foods and Raw Materials. 2016. Т. 4. № 1. С. 110-120.

7. Правила безопасности аммиачных холодильных установок (ПБ 09-595-03) / Утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 09.06.03 № 79. Зарегистрировано в Минюсте России 19.06.03, рег. № 4779 // Библиотека ГОСТов и нормативов: Ohranatruda.ru URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39942/ (дата обращения: 08.11.2016).

EFFICIENCY OF ARTIFICIAL COLD PRODUCTION IN SEPARATION FREEZE-OUT PLANTS

I.A. Korotkiy[1,*], E.V. Korotkaya[1], M.G. Kurbanova[2]

[1]Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

[2]Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Str. Markovtseva, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: krot69@mail.ru*

Received: 01.11.2016
Accepted: 01.12.2016

The article presents the results of research on energy efficiency of using various refrigerants in single-stage cold supplying systems of separation freeze-out plants. Separation freeze-out is used for low temperature concentration of liquid foods, water purification, separation and concentration of aqueous solutions. The volume of energy consumption in separation freeze-out is determined by the temperature of the object to be concentrated and that of the environment, as well as by thermodynamic properties of the refrigerant. Analytically, using known thermodynamic relations we have determined the energy consumption required for crystallization of 1kg of water from the solution when single-stage refrigerators using R-717, R-134a, R-22, R-404a, and R-410a as refrigerants are applied to remove heat of crystallization. The data have been obtained in the temperature range of boiling of the refrigerant from -5° C to -30° C and ambient temperatures from 15° C to 35° C. On the basis of thermodynamic analysis it has been found that a cold supplying system using R-22 as the refrigerant has better energy and operational efficiency for separation freeze-out plants. A cold

supplying system using ammonia has better energy efficiency compared to the ones using other refrigerants in a more restricted operating range, the refrigerant boiling point being above -20° C. In addition, the use of ammonia refrigerating systems for separation freeze-out is limited by constructive features. The use of R-134a refrigerant in the cold supplying system will lead to a significant increase in energy consumption for separation freeze-out compared to other cooling agents. R-410a can be a worthy replacement for R-22 after its withdrawal from use in the refrigeration industry for use in separation freeze-out plants.

Concentration, separation freeze-out, cryoconcentration, refrigerant, energy efficiency

References

1. Antipov S.T., Ovsyannikov V.Yu., Korchinskiy A.A. Innovatsionnoe razvitie protsessov kholodil'nogo kontsentrirovaniya zhidkikh sred [Innovative development process refrigeration concentration of liquid media]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Innovatsionnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologiy»* [Proc. of the Intern. Sci. and Techn. Conf. «Innovative development of food technology equipment»]. Voronezh, 2015, pp. 206–210.

2. Surkov I.V., Prosekov A.Yu., Ermolaeva E.O., Gorelikova G.A. and Poznyakovskiy V.M. Evaluation and Preventing Measures of Technological Risks of Food Production. *Modern Applied Science*, 2015, vol. 9, no. 4. pp. 45–52. DOI: 10.5539/mas.v9n4p45.

3. Korotkiy I.A., Fedorov D.E., Trizno N.A. Issledovanie raboty emkostnogo kristallizatora dlya razdelitel'nogo vymorazhivaniya zhidkikh pishchevykh produktov [Research on the operation of the capacitive crystallizer for freezing out of liquid food products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2012, vol. 27, no. 4, pp. 106–110.

4. Korotkiy I.A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of blackcurrant berries. *Food and Raw Materials*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 3–14. DOI: 10.12737/5454.

5. Bogdanov S.N. (ed.), Burtsev S.I., Ivanov O.P., Kupriyanova A.V. *Kholodil'naya tekhnika. Konditsionirovanie vozdukha. Svoystva veshchestv* [Refrigeration equipment. Air conditioning. Properties of substances]. St. Petersburg, SPbGAKhPT Publ., 1999. 320 p.

6. Korotkiy I.A., Korotkaya E.V., Kireev V.V. Energy efficiency analysis of the sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) fruits quick freezing. *Food and Raw Materials*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 10–20. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-1-110-120.

7. *Pravila bezopasnosti ammiachnykh kholodil'nykh ustanovok (PB 09-595-03) Postanovlenie Gosgortekhnadzora Rossii ot 09.06.03 N 79 (zaregistrirovano Minyustom Rossii 19.06.03 g., peg. N 4779)* [Safety ammonia refrigeration plants (PB 09-595-03) / Approved by Decree Gosgortechnadzor Russia from 09.06.03 № 79. Registered with the Russian Ministry of Justice 19.06.03, Reg. number 4779]. Available at: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39942/ (accessed 11 October 2016).

Дополнительная информация / Additional Information

Короткий, И.А Эффективность производства искусственного холода в разделительных вымораживающих установках / И.А. Короткий, Е.В. Короткая, М.Г. Курбанова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 116–122.

Korotkiy I.A., Korotkaya E.V., Kurbanova M.G. Efficiency of artificial cold production in separation freeze-out plants. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2016, vol. 43, no. 4, pp. 116–122 (In Russ.).

Короткий Игорь Алексеевич
д-р техн. наук, профессор, декан заочного факультета ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

Короткая Елена Валерьевна
д-р техн. наук, профессор кафедры аналитической химии и экологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: lena_short@mail.ru

Курбанова Марина Геннадьевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел. +7 (3842) 73-40-23, e-mail: thp@ksai.ru

Igor' A. Korotkiy
Dr. Sci.(Eng.), Professor, Dean of the Correspondence Faculty, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

Elena V. Korotkaya
Dr. Sci.(Eng.), Professor of the Department of Analytical Chemistry and Ecology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: lena_short@mail.ru

Marina G. Kurbanova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of Department of Technology of storage and processing of agricultural products, Kemerovo State Agricultural Institute 5, Str. Markovtseva, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-40-23, e-mail: thp@ksai.ru